

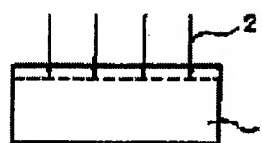
METHOD OF MANUFACTURING THIN-FILM SOLAR CELL

Patent number: JP10093122
Publication date: 1998-04-10
Inventor: NISHIOKA TAKASHI; YAMADA TAKUMI; KAWAKAMI GOJI; YAMADA TAKESHI; NAKADA JOJI
Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>
Classification:
- **International:** H01L31/04; C30B29/06; C30B31/22; H01L21/265
- **European:**
Application number: JP19960239445 19960910
Priority number(s):

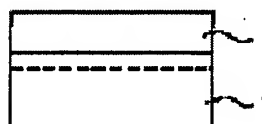
Abstract of JP10093122

PROBLEM TO BE SOLVED: To inexpensively manufacture a thin-film solar cell, having a const. photoelectric conversion efficiency with reduced Si consumption.

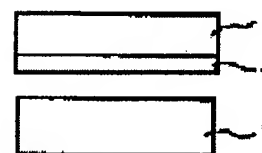
SOLUTION: An Si substrate 1, made from a single crystal or very large grain size type polycrystalline ingot or a wafer is implanted with H ions 2, second substrate 3 is adhered onto it, an suitable heat treatment is applied to peel thin film Si crystals 4 of desired thickness from the Si substrate 1 at the ion-implanted part so as to provide a major material or part thereof for composing solar cell elements.



(a)



(b)



(c)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-93122

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	F I	
H 0 1 L 31/04		H 0 1 L 31/04	X
C 3 0 B 29/06		C 3 0 B 29/06	C
	31/22		31/22
H 0 1 L 21/265		H 0 1 L 21/265	Q

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-239445

(22) 出願日 平成8年(1996) 9月10日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 西岡 孝

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 山田 巧

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 川上 剛司

東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 吉田 精孝

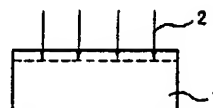
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜太陽電池の製造方法

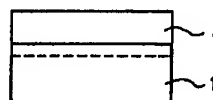
(57) 【要約】

【課題】 シリコンの使用量が少なくかつ一定の光電変換効率を有する薄膜太陽電池を安価に製造し得る方法を提供すること。

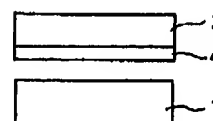
【解決手段】 単結晶もしくは粒径が著しく大なる多結晶のインゴットあるいはウェハからなるSi基板1に水素(H)イオン2の注入を行い、その上に第2の基板3を接着し、さらに適度な熱処理を施すことにより、Hイオンの注入部位においてSi基板1より所望の厚さの薄膜Si結晶4を剥離させ、これを太陽電池素子を構成する主要な材料もしくはその一部とする。



(a)



(b)



(c)

【特許請求の範囲】

【請求項1】 シリコン基板の主面にイオン注入を行う工程と、

該シリコン基板の主面上の少なくとも一部に第2の基板を接着する工程と、

前記シリコン基板及び第2の基板からなる構成物を熱処理する工程と、

前記シリコン基板からの剥離により、 $7\mu\text{m}$ 以上の厚さの薄膜シリコン結晶を前記第2の基板上に獲得する工程とからなることを特徴とする薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項2】 シリコン基板の主面にイオン注入を行う工程と、

該シリコン基板の主面上の少なくとも一部に第2の基板を接着する工程と、

前記シリコン基板及び第2の基板からなる構成物を熱処理する工程と、

前記シリコン基板からの剥離により、 $0.5\mu\text{m}$ 以上 $4\mu\text{m}$ 以下の厚さの薄膜シリコン結晶を前記第2の基板上に獲得する工程と、

前記薄膜シリコン結晶上にシリコンよりなる層を付加する工程とからなることを特徴とする薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項3】 注入するイオン種が水素イオンまたはヘリウムイオンのうちの少なくとも1つであることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項4】 イオンの注入方向を、シリコン基板の主面の法線方向に最も近い該シリコン基板の結晶主要軸に平行な方向もしくはシリコン基板の結晶主要面に平行な方向とすることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項5】 第2の基板が金属もしくは光電変換波長域の少なくとも一部に対して透光性を有する材質からなることを特徴とする請求項1または2記載の薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項6】 イオン注入を行う工程の前に、第1の導電型を有するシリコン基板の一部に第2の導電型を有する部分を付加する工程を備えたことを特徴とする請求項1または2記載の薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項7】 第1の導電型を有する薄膜シリコン結晶の一部に、第2の導電型を有する部分を付加する工程を備えたことを特徴とする請求項1記載の薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項8】 イオン注入を行う工程の前に、シリコン基板の主面をエッチングし、凹凸面を形成する工程を備えたことを特徴とする請求項1もしくは請求項2記載の薄膜太陽電池の製造方法。

【請求項9】 薄膜シリコン結晶の主面をエッチングし、凹凸面を形成する工程を備えたことを特徴とする請求項1もしくは請求項2記載の薄膜太陽電池の製造方法。

法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、基板上に積層されたシリコン(Si)薄膜により構成される薄膜太陽電池の製造方法に関するものである。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】太陽光から電気への変換効率が高いSi半導体を用い、かつ材料資源消費量の少ない構造である薄膜Si太陽電池は、今後、一層の増大が見込まれるエネルギー需要の担い手の一つとして重要である。従来の薄膜Si太陽電池では、太陽光スペクトルにおけるSi材料の光吸収係数が小さいため、一定の光電変換効率を維持した太陽電池を製造するには、Si膜厚として最小でも70ミクロン程度が必要であった。

【0003】しかしながら、将来、予想される太陽光発電の飛躍的な普及に伴って電池材料の主成分であるSiの需要も膨大なものになっていくことが懸念され、資源的な要請からSi材料の使用を最小限に抑え(即ち、最も端的にはSi膜厚を最小限にし)、かつ一定の光電変換効率を維持した太陽電池構造が要求されている。

【0004】このような省資源型Si太陽電池を製造する方法としては、[1]単結晶もしくは多結晶のバルク結晶(いわゆるインゴット)から、できるだけ薄いSiウェハを切り出す(スライスする)、あるいは[2]所定の基板上にSi薄膜層を堆積する工程を経て、引き続き太陽電池形成に必要な種々の既知の処理を行うものがあった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前記[1]の方法の場合、切り出すSiウェハの膜厚の均一性に問題があった。また、切り出したウェハを何らかの基板上に接着する工程においてはウェハの機械的強度及び作業性の問題から、一定の製造歩留りを確保しようとすると、最小でも100ミクロン程度の膜厚が必要になり、省資源の要請には不十分な厚さに止まっていた。また、切り出しの際の切り屑となるSiの量も膜厚と比較して無視できないという問題があった。

【0006】また、前記[2]の方法では、予め基板上に堆積した非晶質もしくは粒径の小さい多結晶Si薄膜に対し、熱処理等を初めとする種々の方法により結晶粒径の大きいSi薄膜となし、これによって比較的高効率の太陽電池を得ようとしていたが、この場合、所望の膜厚(例えば10ミクロン)の獲得は可能なものの、この方法の実施に必要な長時間または高温の熱処理等に要するコストが相対的に大きく、実用上の問題となっていた。

【0007】さらにまた、製造コストを押さえるために安価なガラス等が基板として選択された場合、耐熱性の問題から比較的低温もしくは短時間の熱処理を選択せざる

るを得ず、低温長時間の処理が必要もしくはレーザ加熱等の短時間であるがスループットの小さな処理が必要という欠点があったのに加えて、得られる粒径も10ミクロン程度と小さく、作製された太陽電池の効率も不満足なものであった。

【0008】また、比較的高温長時間の熱処理にも耐性のあるカーボン、高融点金属等の材質からなる基板を選択した場合は、基板自体が高価であることに加えて、熱処理に伴う基板周辺からの不純物拡散による特性劣化が問題となっていた。

【0009】本発明の目的は、シリコンの使用量が少なくかつ一定の光電変換効率を有する薄膜太陽電池を安価に製造し得る方法を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明方法の概略工程を図1を用いて説明する。

【0011】単結晶もしくは粒径が著しく大なる多結晶のインゴットあるいはウェハ（以下、Si基板と呼ぶ。）1を出発材料として、これに水素（H）イオン2の注入を行った（図1(a)）後、第2の基板3をSi基板1上に接着した（図1(b)）上で適度な熱処理を施すことにより、Si基板1より所望の厚さの薄膜Si結晶4を剥離させ（図1(c)）、これを太陽電池素子を構成する主要な材料もしくはその一部として提供する。なお、注入するイオン種はHに限らずヘリウム（He）もしくはHとHeの併用でも有効であった。

【0012】太陽光スペクトルの特性から薄膜Siに要求される7ミクロン以上（10ミクロン程度がより好ましい）の膜厚を得るため、本発明では以下の（a）、（b）に示す2種類の方法を提案する。

【0013】（a）太陽電池素子に必要な7ミクロン以上の膜厚を有する薄膜Si結晶を剥離により直接獲得する。この場合のイオン注入は、Hの場合は（後述するchanneling注入の場合を除いて）600keV以上のエネルギーで行う必要があり、Heの場合は2MeV以上のエネルギーで行う必要がある。

【0014】（b）素子形成に必要な膜の下地となる薄膜Si結晶を同様な剥離法により得て、この下地薄膜Si結晶の上にSi層をエピタキシャル成長することにより、7ミクロン以上の膜厚とする。下地薄膜Si結晶としての膜厚は、0.5ミクロン以上かつ4ミクロン以下とすることが、剥離の容易さ・標準的な注入装置（最大400keVの注入エネルギー）が使用可能である等の面で好ましい。この場合の注入エネルギーは、Hの場合は（後に説明するchanneling注入の場合を除いて）40keV以上かつ400keV以下、Heの場合は70keV以上かつ1.5MeV以下にする必要がある。

【0015】以上のいずれの場合も、注入後の熱処理は500℃程度以上が好適であった。

【0016】剥離後のSi基板は再び前記工程の出発材

料として繰り返し使用され、省資源化を実現できる。加えて、太陽電池効率の一層の向上のために、前記工程の前後に光及び発生キャリア閉じ込めのための種々の工夫を付加する。

【0017】本発明のイオン注入及び熱処理により剥離に至る作用を、前記（a）の方法に即して説明する。イオン種もHを例として説明するが、Heにおいても基本的な効果に異なるところはない。また、（b）の方法においても注入深さが異なる以外は同様の作用により剥離が起こる。

【0018】Si基板から太陽電池に好ましい厚さの薄膜Si結晶を剥離させるには、まず、（1）HイオンのSi内への投影飛程（projected rang）である7ミクロン程度以上が得られるエネルギーとして600keV以上の加速エネルギーが必要になる。即ち、注入すべきHイオンとしてプロトンイオン（H⁺）を選ぶ場合には600keVの、また、イオン源の条件等により水素分子イオン（H₂⁺）を選ぶ場合には1.2MeVの加速電圧が必要になる。また、後の熱処理により剥離を起こすためには、概ね10¹⁶cm⁻²の桁以上の水素注入量が必要になる。

【0019】具体的な剥離達成のための注入量は、注入エネルギー及び熱処理条件によって若干異なってくる。Hイオン以外の元素をイオン種とする場合には、元素の質量が大きいため、7ミクロン程度以上の投影飛程を得るためには大きな注入エネルギーを必要とする。例えば、Hに次いで軽いHeイオンでも7ミクロンの投影飛程を得るには、約2MeVのエネルギーが必要である。H及びHe以外のイオン種を用いることは装置規模及びコストの面で非現実的なものである。

【0020】次いで、（2）剥離後の薄膜Si結晶を機械的に保持する土台となる第2の基板を接着する。この第2の基板の材質は、目的とする太陽電池の構造により、導電性の金属材料や太陽光の少なくとも一部に対して透明な、正確に言えば光電変換波長域の少なくとも一部に対して透光性を有する絶縁材料が適宜選択される。第2の基板の接着には、接着すべき両面の化学的処理を伴う接着法が一般的に行われるが、十分な接着強度を確保するため、接着剤を用いる場合もある。いずれの場合も、後の剥離工程の際に問題とならない耐熱性が必要となる。

【0021】引き続いて、（3）熱処理による剥離工程が行われる。Siが剥離に至る機構の詳細はいまだ不明な点が残されているが、注入されたHイオンが加熱によりSi内で凝集・ガス化するとともに、注入に伴って発生したSiの点欠陥等も加熱により動きが活発になることと相俟って、Si結晶内で高濃度にHが存在し、かつ高濃度に欠陥が存在する領域付近で加熱に伴うSi結晶の破壊が起こると想像される。本熱処理及び必要に応じて行われる追加熱処理により、注入されたHイオン及び

欠陥の大部分は、剥離されて得た薄膜Si結晶内より除去される。

【0022】以下、太陽電池素子内に光及びキャリアを有効に閉じ込め、効率を増大せしめる種々のプロセスを組み合わせる構成した薄膜Si太陽電池の製造方法を説明する。

【0023】

【発明の実施の形態】

(第1の実施の形態) 図2は本発明の第1の実施の形態を説明する図である。

【0024】図2(a)において、11はSi基板であり、本例ではp型(100)基板を用いている。12はSi基板11のうち、剥離後に薄膜Si結晶となる部分であり、12以外の部分は本例の素子に使用されず再利用にまわるため、破線で示している。

【0025】13はHイオンの注入の様子を大まかに表すもので、通常のいわゆるランダム方位の注入を行っている。注入に先立ってSi基板11には薄い酸化膜14、n型層15を形成した。この酸化膜14は完成後の薄膜Si太陽電池において、n電極側における再結合防止のためのpassivation層の役割を果たす。酸化膜14の一部は除去され、後に形成される電極との接合部が準備される。注入されたHイオンは、Si基板11内の深さ約10ミクロンの位置16近辺に高濃度で存在する。

【0026】図2(b)は薄膜Si結晶12を保持する第2の基板を示すもので、17はガラス板、18は透明電極となるZnOである。図2(a)及び図2(b)に示す両部分はHイオンの注入後、接着され、熱処理されることにより、位置16を破断面として薄膜Si結晶12が剥離される。

【0027】本例では、接着前に薄膜Si結晶12の表面(及び酸化膜14の表面)を化学的処理により親水化しており、透明電極18との接着に当たっては接着剤を用いずに接着が可能であった。

【0028】図2(c)は、剥離後、種々の工程を経て太陽電池が構成された様子を説明するものである。具体的な工程としては、(i)剥離後の追加熱処理(これは第2の基板への熱ダメージが少ない急速加熱処理(Rapid Thermal Annealing)を選択した)、(ii)p電極側passivation用酸化膜19形成、(iii)p電極20形成、(iv)p⁺領域21形成、からなる。

【0029】これらの工程中の熱履歴により、透明電極18と薄膜Si結晶12は図2(c)に示すように融着し、有用なn側電極となる。

【0030】なお、本例における酸化・拡散は注入に伴う残留欠陥を積極的に利用しているため、通常より低温において所望の特性が達成された。また、本例における太陽電池素子では、太陽光22はガラス板17側より入射される。

【0031】なお、本例において、剥離後の薄膜Si結

晶12の表面をアルカリ溶液等でエッチング処理することは、光閉じ込め効果を一層高めるために有効であった。

【0032】(第2の実施の形態) 図3は本発明の第2の実施の形態を説明する図である。

【0033】図3(a)は第1の実施の形態の図2(a)とほぼ同様であるが、本例では、繰り返し使用されるSi基板11の表面を、イオン注入前にアルカリ溶液等でエッチング処理し、光閉じ込めに有用なピラミッド構造を形成している。従って、図2中の酸化膜14、破断面16もそれぞれ酸化膜14a、破断面16aのような形状となる。本例では破断面16aもピラミッド構造となるため、再利用における注入表面のピラミッド構造は保持される。なお、第1の実施の形態のような注入前のn型層形成は行わない。

【0034】図3(b)は薄膜Si結晶12を保持する第2の基板を示すものであって、31はアルミニウム(Al)板、32は接着剤として用いられたインジウム(In)である。In層32はp電極としての役割も兼ね備えている。第1の実施の形態の場合と同様に接着・剥離が行われた後、図3(c)のような太陽電池が作製された。

【0035】図3(c)に示すように、熱処理に伴い、In層32はピラミッド形状に沿って融着するとともに、薄膜Si結晶12内に符号33で示すように拡散してp⁺領域を形成し、さらに酸化膜19、n⁺層34、n電極20を順次形成した。

【0036】本例の場合、光22は上面から入射するため、n電極20は図示のように薄膜Si層12上の一部に形成した。より有効な光閉じ込めを図るため、図3(a)に示すピラミッド形成の際に、マスクを用いたフォトリソ工程により、周期的な特殊構造を取ることも可能である(M.A.Green et al., Proceedings of the 13th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1995, pp.13-16参照)。

【0037】(第3の実施の形態) 図4は本発明の第3の実施の形態を説明する図である。

【0038】図4(a)において、41はSi基板であり、本例ではp型(111)基板を用いている。約10nmの薄い酸化膜42を形成した後、Hイオン注入を行った。43はHイオンの注入の様子を大まかに表すもので、本例ではランダム方位の注入ではなく、(111)軸に沿ったいわゆるchanneling注入を実施した。channeling注入を行うと、注入イオンの結晶中でのエネルギー損失が相対的に小さいため、ランダム方位の注入に比べ、小さい注入エネルギーで同等の飛程を達成することができる。

【0039】本例では、350keVと第1、第2の実施の形態に比べて小さい注入エネルギーでもHイオンは約10ミクロンの深さに達した。channelingの平行度(精

密度)にも依存するが、300keV以上の注入エネルギーにおいて概ね10ミクロン以上のHイオン進入深さを得た。

【0040】なお、非結晶性の酸化膜42を通してイオン注入を行っているが、膜厚が非常に薄いため、channelingの效果に支障はなかった。また、channelingの方法として、前記説明した(111)軸に平行な、いわゆる軸channelingのみでなく、例えば(110)面に平行な、いわゆる面channelingの配置においても同様の效果が得られた。

【0041】一般に、Si結晶は(111)面を劈開面に持つため、破断面が(111)である場合、破断に至るまでの熱及び機械的エネルギーが小さくて済み、かつ破断面の平坦性も他の面が破断面となる場合よりも良好である。本例では、380℃と比較的低温の熱処理で破断に至った。

【0042】図4(b)は、薄膜Si結晶44を保持する第2の基板を示すもので、45は耐熱性は劣るが安価な青板ガラス、46はp電極となるAlとSiの合金層である。第1、第2の実施の形態の場合と同様に接着・剥離が行われた後、図4(c)のような太陽電池が作製された。

【0043】図4(c)に示すように、熱処理に伴い、Al-Si層46は、酸化膜42が一部除去され、薄膜Si結晶44が露出している部分において融着するとともに、Alが薄膜Si結晶44内に符号47で示すように拡散してp⁺領域を形成し、さらに酸化膜19、n⁺層48、n電極20を順次形成した。

【0044】本例の場合も、太陽光22は上面から入射するため、n電極20は図示のように薄膜Si層44上の一部に形成した。

【0045】(第4の実施の形態)図5は本発明の第4の実施の形態を説明する図である。

【0046】図5(a)において、51はSi基板であり、本例ではp型(100)基板を用いている。52は剥離後に下地薄膜Si結晶となる部分であり、52以外の部分は本例の素子に使用されず再利用にまわるため、破線で表示している。

【0047】13はHイオンの注入の様子を大まかに表すもので、通常のいわゆるランダム方位の注入を行っている。注入に先立ってSi基板51にn⁺層53を形成した。注入されたHイオンは、Si基板51内の深さ約3ミクロンの位置54近辺に高濃度で存在する。本例では第1乃至第3の実施の形態の場合と比較して注入深さが浅くなっている。

【0048】図5(b)は下地薄膜Si結晶52を保持する第2の基板を示すもので、55は鉄を主成分とする金属板である。図5(a)及び図5(b)に示す兩部分はHイオンの注入後、接着され、熱処理されることにより、位置54を破断面として下地薄膜Si結晶52が剥離され

る。本例では、図5(c)に示すように、接着に当たって絶縁性接着剤56を用いた。

【0049】図5(c)は、剥離後、種々の工程を経て太陽電池が構成された様子を説明するものである。具体的な工程としては、(i)化学的気相成長(CVD)法によるSiエピタキシャル結晶61、62、63の成長、(ii)反射防止膜64形成、(iii)電極用穴あけ、(iv)埋め込みn電極65形成、(v)埋め込みp電極66形成、(vi)電極まわりの拡散領域67、68の形成からなる。

【0050】CVDは、基板及び接着材料の耐熱性を考慮して、低めの温度(約600℃)で行い、順次、n型層61、p型層62、n⁺型層63が成長された。膜厚は、n⁺型層53からn⁺型層63までの合計で10ミクロンとした。

【0051】次いで、表面での光反射を抑えるための反射防止膜64が形成された。フォトリソ工程により電極用の穴あけが行われた後、n電極65、p電極66が順次形成された。埋め込み形成には、反応性スパッタ法とメッキ法が適用された。

【0052】その後、熱処理により電極に含有された成分が電極周りに拡散され、それぞれn⁺型領域67、p⁺型層68が形成された。本例の場合も、太陽光22は上面から入射される。

【0053】本例では、pn接合が多層になっており、光によって生成した電子・正孔は隣接する接合に容易に達するため、Si結晶の品質に問題がある場合でも(つまり、少数キャリア拡散長が小さい場合でも)、他の一般的な構造に比して高効率を得られる。本例における剥離及びCVD成長時に受ける熱履歴(最大600℃程度)では、Hイオンの注入による欠陥は十分に回復するに到らない場合が多く、各層の少数キャリア拡散長は小さいが、図5(c)に示す構造を取ることで十分に太陽電池効率が実現できた。

【0054】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、前述した従来の[1]の方法では得られない7ミクロン以上、より好ましくは10ミクロン程度の膜厚の薄膜Si結晶を容易に獲得できるとともに、従来の[2]の方法では得られない単結晶もしくは数cm程度以上の大粒径からなる多結晶Si薄膜を獲得できる。このような単結晶(もしくは単結晶とみなして良い程度の大粒径の多結晶)の薄膜では、粒径が小さい従来の[2]の方法で問題になっていた結晶粒界におけるキャリアの再結合・漏れ電流に起因する効率低下がないため、従来の厚い(数100ミクロン程度)Si単結晶太陽電池と同様の光電変換が実現できる。また、剥離工程後、残留したインゴットないしウェハは再利用が可能であり、Siの資源節約の面でも有利であり、標準的な6インチSi単結晶ウェハ1枚から10ミクロン厚のSi単結晶太陽電池

が60枚取得できた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明方法の概略を説明する工程図

【図2】本発明の第1の実施の形態を説明する工程図

【図3】本発明の第2の実施の形態を説明する工程図

【図4】本発明の第3の実施の形態を説明する工程図

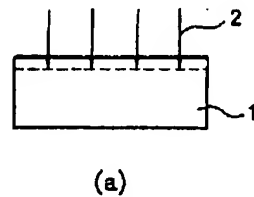
【図5】本発明の第4の実施の形態を説明する工程図

【符号の説明】

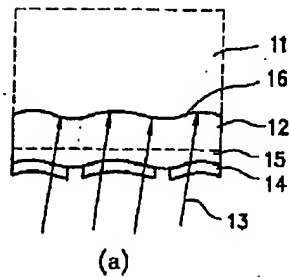
1, 11, 41, 51…Si基板、2, 13, 43…注入水素イオン、3…第2の基板、4, 12, 44…薄膜Si結晶、14, 14a…酸化層、15…n型層、1

6, 16a, 54…破断面、17…ガラス板、18…透明電極、19…passivation用酸化膜、20…p電極、21, 33, 47…p⁺領域、22…太陽光線、31…アルミニウム板、32…インジウム層、34, 48, 53…n⁺層、42…薄い酸化膜、45…青板ガラス、46…Ai-Si層、52…下地薄膜Si結晶、55…金属板、56…絶縁性接着剤、61…エピタキシャルn型層、62…エピタキシャルp型層、63…エピタキシャルn⁺型層、64…反射防止膜、65…n電極、66…p電極、67…n⁺型領域、68…p⁺型領域。

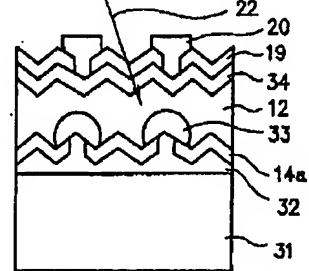
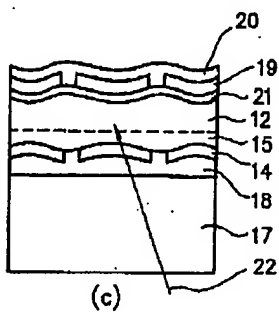
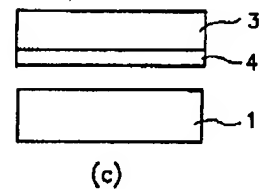
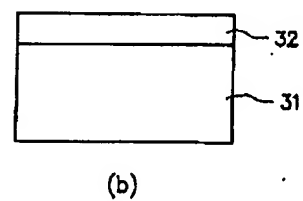
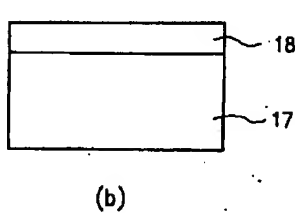
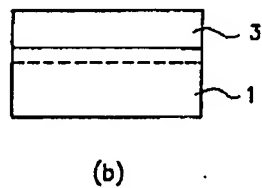
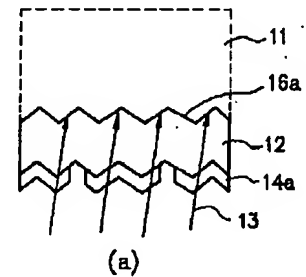
【図1】



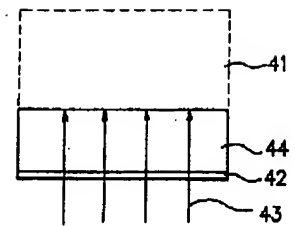
【図2】



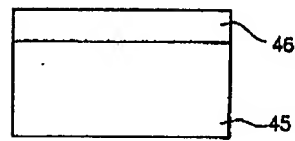
【図3】



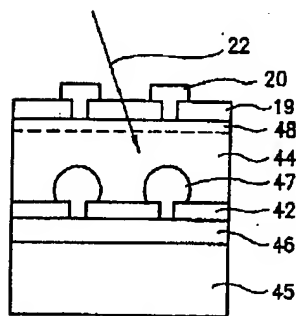
【図4】



(a)

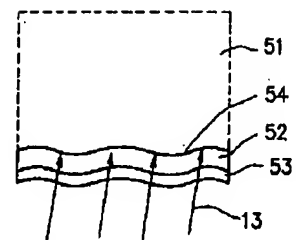


(b)



(c)

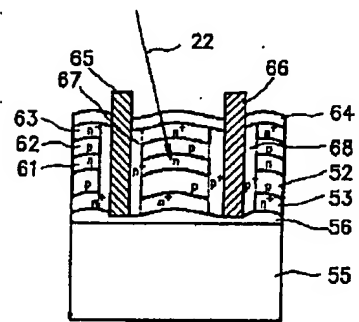
【図5】



(a)



(b)



(c)

フロントページの続き

(72)発明者 山田 武
東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 中田 穰治
東京都新宿区西新宿3丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内